#### Corso di cooperazione – Ingegneria Senza Frontiere Bari Politecnico di Bari, 6° lez. 07/06/2014









Prima turbina in grado di produrre corrente alternata – Danimarca, anni '50

L'utilizzo dell'energia del vento ha una lunga storia (dai primi mulini a vento ai giorni nostri), che ha portato all'attuale diffusione di dispositivi e installazioni in tutto il mondo.

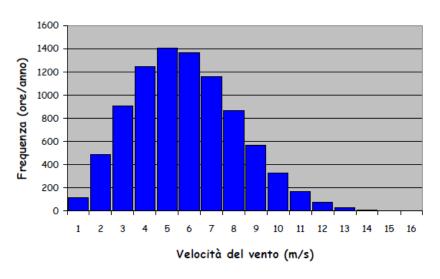
Nella foto: mulino - pompa a vento "Vivarelli"





- L'energia eolica deriva dall'enorme quantità di energia solare che arriva sul nostro pianeta in ogni istante.
- Le masse di aria in movimento convertono l'energia solare in energia cinetica dell'aria (velocità del vento) e dell'acqua (correnti marine).
- Alla base di questi spostamenti di masse d'aria ci sono i gradienti termici fra le diverse parti della superficie terrestre, e fra le terre emerse e i mari (che assorbono e riflettono in maniera diversa la radiazione solare).
- Le masse d'aria a diversa densità e a diversa pressione innescano questi moti, che posso essere più o meno intensi e con diversi gradienti di velocità.
- La velocità del vento, come vedremo più avanti, dipende dall'altezza e dalla presenza di rilievi (rugosità) che ne ostacolano il moto (attrito).

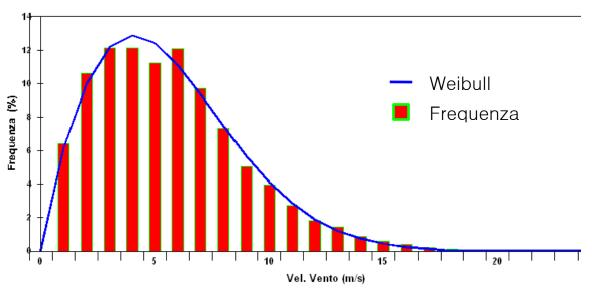
#### Distribuzioni di velocità



#### Distribuzione di Weibull

probabilità (f) che accada l'evento di velocità del vento V

$$f(V) = \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(V/c\right)^{k}\right]$$

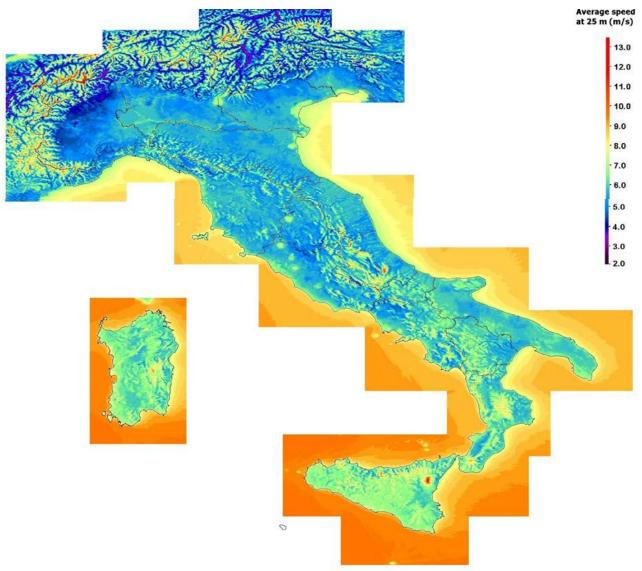


 $k \rightarrow$  fattore di scala  $c \rightarrow$  fattore di forma

@ Corso di cooperazione - ISF Bari (07/06/2014)

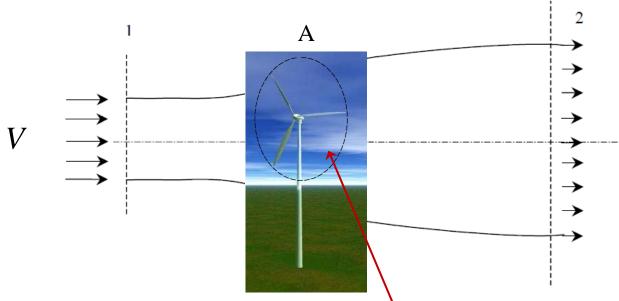


#### Atlante eolico d'Italia

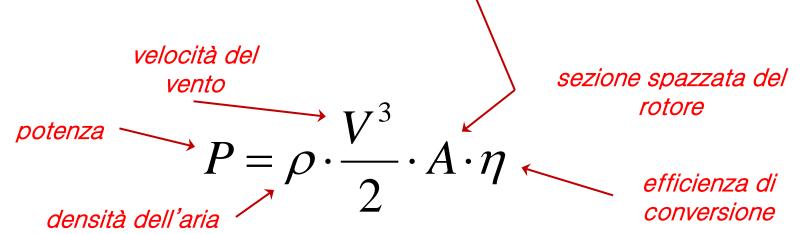




#### Funzionamento - Potenza e velocità



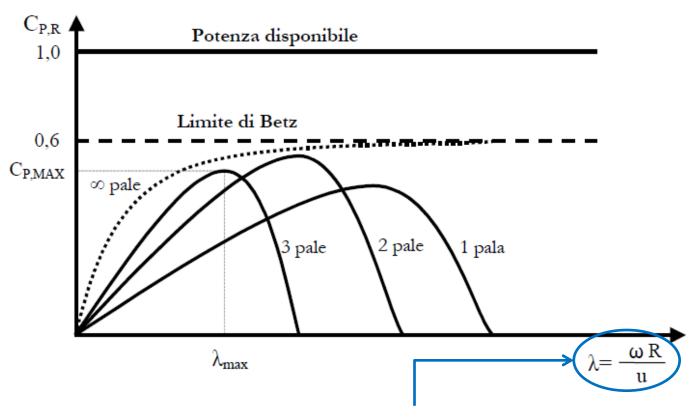
Schema della sezione del rotore inserita nel tubo di flusso





#### Limite di Betz

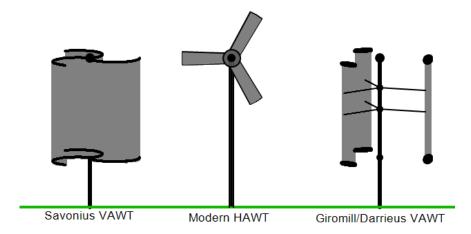
Sotto opportune ipotesi vale la teoria di Betz, che pone come limite teorico  $16/27 \approx 0,593$  al coefficiente di potenza rotorico ( $C_{P,R}$  rapporto tra la potenza messa a disposizione dalla velocità del vento e quella ricavata dall'albero)



rapporto fra la velocità periferica della pala e la velocità del vento

- ad asse orizzontale
- ad asse verticale

- √ mini e micro eolico
- √ eolico off-shore





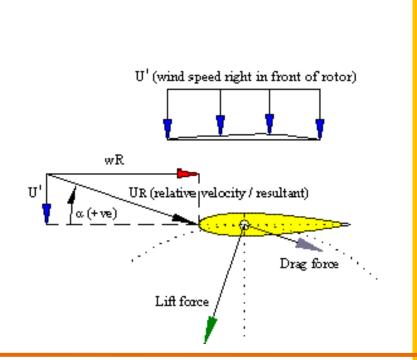




ingegneria senza frontiere

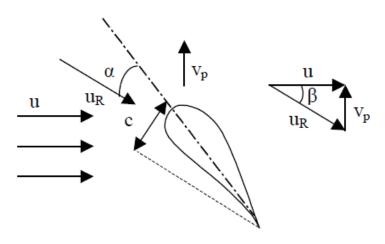
- ☐ A "resistenza" (*drag type*)
  - Savonius
  - Elicoidali, altre

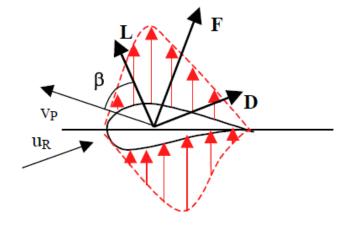
- □ A "portanza" (lift type)
  - Darreius "H" Darreius
  - Miste



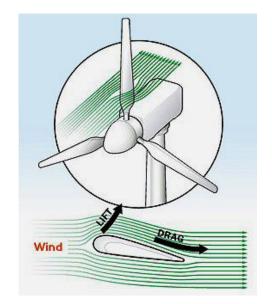
Funzionamento - "Portanza" e "Resistenza"









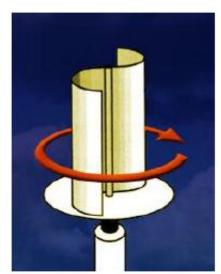




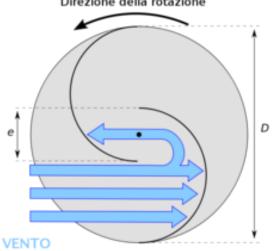
#### Savonius







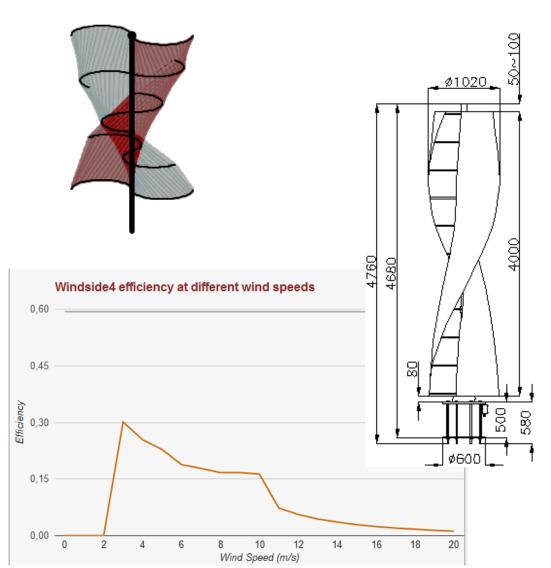
Direzione della rotazione



- Funzionamento a basse velocità del vento
- Efficienza ridotta
- Pale fisse, fermo meccanico per velocità superiori a quella nominale
- Applicazioni di bassa potenza
- Bassissima rumorosità

Elicoidali, tipo Savonius (Windside)





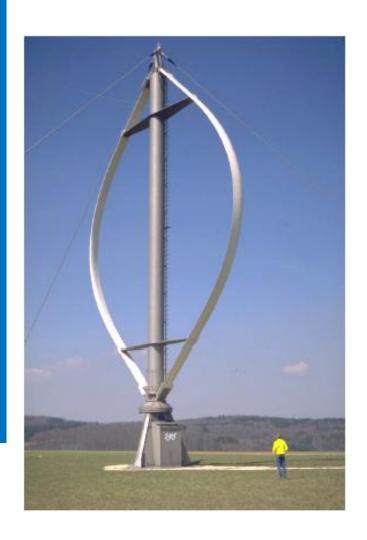




Ing. M. Vaccaro — ISF Pisa ONLUS

Darreius e "H" Darreius





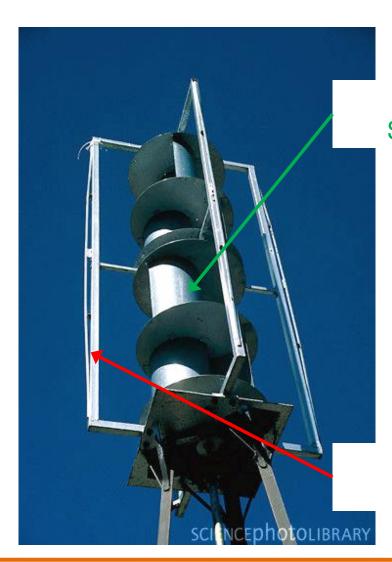


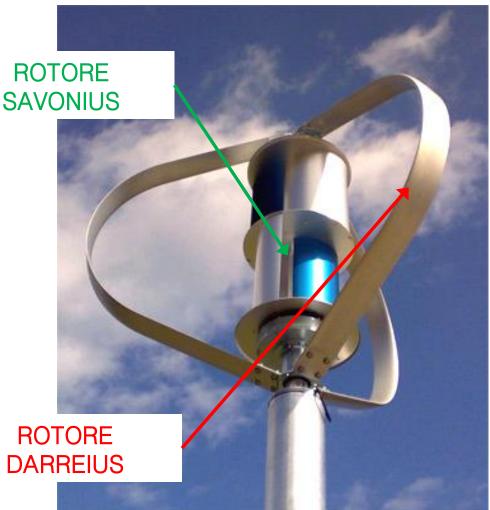


- Basse efficienze (basso C<sub>P</sub>)
- Range limitato di velocità di funzionamento (necessità di controllo della velocità)
- Applicazioni di piccola taglia
- Bassa rumorosità

Soluzioni miste: Darreius - Savonius

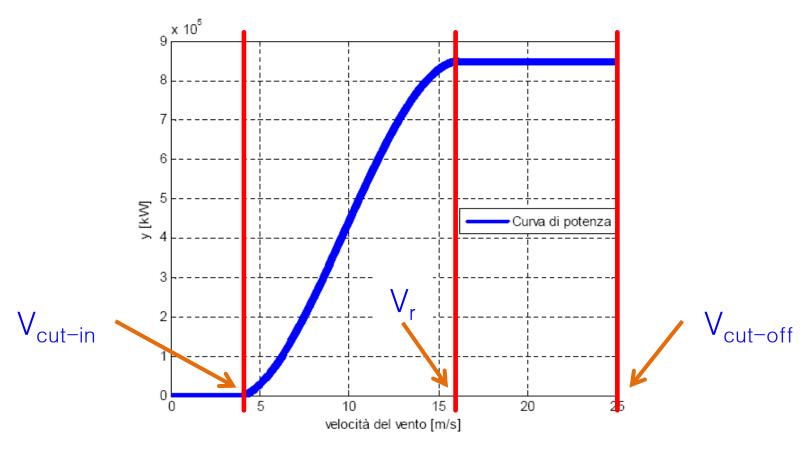








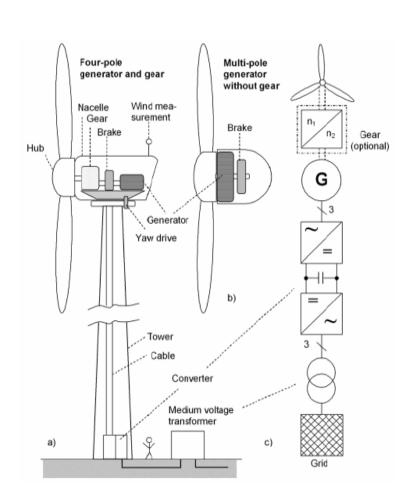


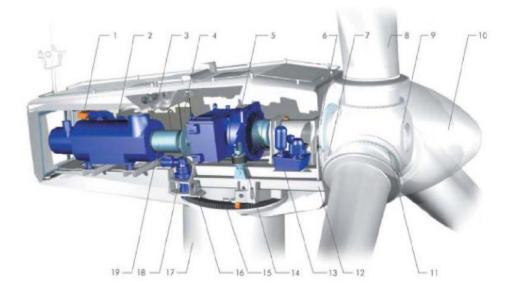


**Producibilità** 
$$E_{TA} = T \int_{V_{cut-in}}^{V_{cut-off}} P_T(V) \cdot f(V) dV$$

#### Aspetti tecnologici







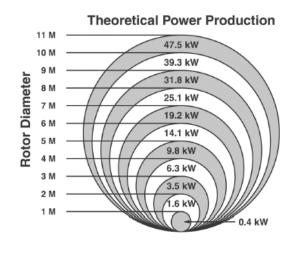
- 1 Argano di servizio
- 2 Generatore
- 3 Raffreddamento
- 4 Quadro di controllo
- 5 Moltiplicatore di giri
- 6 Albero lento

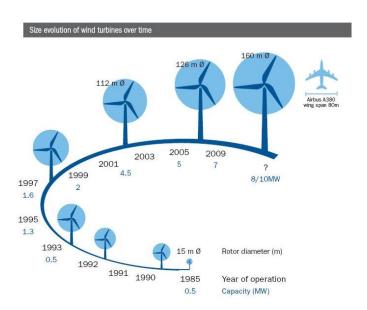
- 7 Bloccaggio rotore
- 8 Pala
- 9 Mozzo
- 10 Ogiva
- 11 Cuscinetto pala
- 12 Telaio navicella

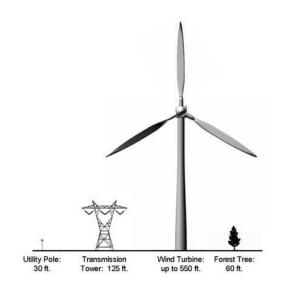
- 13 Centralina idraulica
- 14 Braccio di reazione
- 15 Anello di imbardata
- 16 Freno
- 17 Torre
- 18 Motore imbardata

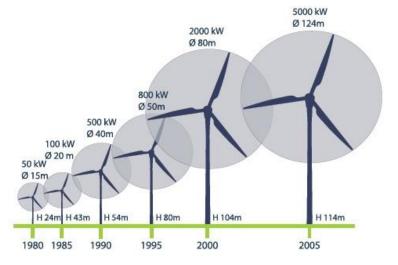
Caratteristiche interne della turbina VestasV52

Aspetti tecnologici - Diametro del rotore e produ

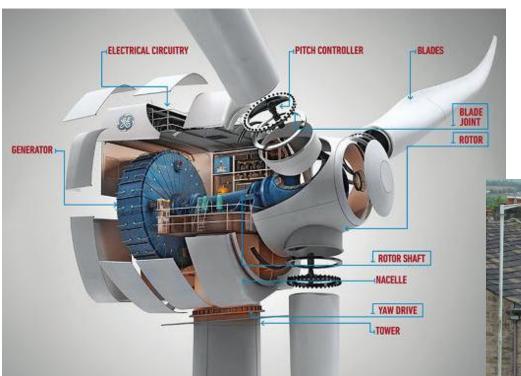








Aspetti tecnologici e ambientali Trasporto e assemblaggio



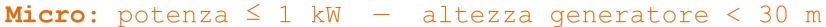


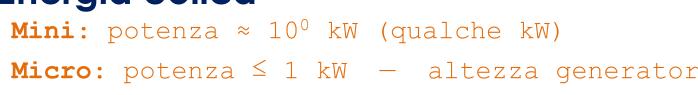




#### Aspetti tecnologici e ambientali Impatto paesaggistico















Ing. M. Vaccaro — ISF Pisa ONLUS

@ Corso di cooperazione - ISF Bari (07/06/2014)